



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 53 278 A1 2004.06.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 53 278.8

(22) Anmeldetag: 15.11.2002

(43) Offenlegungstag: 03.06.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: B60C 23/00  
H02N 2/02

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

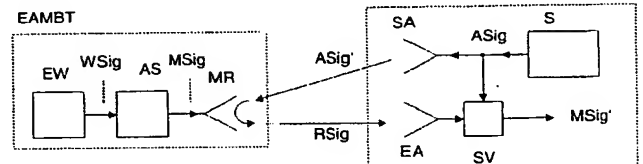
(72) Erfinder:  
Bulst, Wolf-Eckhart, 81739 München, DE; Vossiek,  
Martin, Dr., 31139 Hildesheim, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Reifenmessung mit einem energieautark modulierten Backscatter-Transponder

(57) Zusammenfassung: Eine Reifenmessvorrichtung weist einen Wandler zum Wandeln von Umgebungsenergie in eine Wechselgröße und einen Reflektor auf, der über die Wechselgröße modulierbar ist.



Best Available Copy

## Beschreibung

[0001] Die Erfindungsmeldung betrifft Verfahren und Vorrichtungen für grundlegende Komponenten von energieautarken funkabfragbaren Reifensensoren und beispielhafte Lösungen für energieautarke funkabfragbare Reifensensoren, welche auf den erfindungsgemäßen Komponenten beruhen.

[0002] Parameter des Reifens eines Kraftfahrzeuges wie Reifendruck, Temperatur, aber auch der Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn sind entscheidende Größen für die Sicherheit und Fahrdynamikregelung bei Kraftfahrzeugen. Aufgrund der hohen Relevanz dieser Thematik wurden in der Vergangenheit zahlreiche Lösungen für Reifensensoren entwickelt und die Zusammenhänge zwischen Reifendruck, Reifentemperatur, Spannungs-, Dehnungs- und Reibwert, Kraftschluss, Straßenbelagtextur, Rollwiderstand, Aquaplaning usw. intensiv diskutiert. Grundlegende Informationen finden sich z.B. in DE 3937966 A1, DE 4242726 A1 und W. F. Kern: „Über Verformungsmessung an Kfz Reifen mittels spezieller Dehnungsmesser“, Automobiltechnische Zeitschrift ATZ, 63 (1961) S. 33 ff.

[0003] Sensoren verfügen im Allgemeinen über einen elektrischen Kabelanschluss, durch den der Sensor mit der Energie versorgt und über den die Messwerte des Sensors elektrisch weitergeleitet werden. Für Reifensensoren ist eine solche Lösung generell ungeeignet, da die Drehbewegung Schleifringe oder ähnliche Vorrichtungen für eine leitungsgebundene Übertragung erfordern würden. Folglich werden die Sensorgößen von Reifensensoren in aller Regel per Funk vom Ort der Messung zu einer entfernten Auswerteeinheit übertragen.

[0004] Viele bisher bekannte Funksensoren haben jedoch einen wesentlichen Nachteil: Sie benötigen eine Batterie oder ähnliche Energiequellen, die durch Anschaffung und insbesondere Wartung erhebliche Kosten oder Gefahren (Auslaufen von Batteriesäure, Unwucht usw.) verursachen. Der Einsatz bzw. die Lebensdauer von Batterien wird häufig auch durch die Umgebungsbedingungen (z.B. sehr hohe oder tiefe Temperaturen) limitiert.

[0005] Charakteristisch für ein Rad ist, dass sich an ihm Teile befinden, die während der Fahrt rotieren und dass diese Drehbewegungen:

- zum einen in den Lagern und/oder an den Kontaktstellen Rad/Fahrbahn sowohl Vibrations- als auch Schall- bzw. und/oder Ultraschall-Signale hervorrufen,
- zum anderen die Drehbewegung zu mechanischen Kräften und Verformungen z.B. des Reifens führt.

[0006] Folglich sind diese beiden mechanischen Energieformen, zumindest sobald sich das Fahrzeug bewegt, am Ort bzw. in der Nähe des Ortes, an dem der Reifensensor arbeiten soll, verfügbar.

[0007] Mit einem Schallwandler bzw. Piezowandler

kann diese akustische bzw. mechanische Energie in ein elektrisches Wechselsignal gewandelt werden. Erfindungsgemäß wird diese Energie zum Betreiben eines oder mehrerer Sensoren verwendet, die ihren Zustand oder Zustandsänderungen per Funk übermitteln.

[0008] Aus dem Stand der Technik sind weiterhin autarke Funksensoren bekannt, bei denen vor Ort verfügbare mechanische Energie dazu genutzt wird, einen Funksensor zu betreiben. Auch die Verwendung von piezoelektrischen Elementen zu diesem Zweck ist prinzipiell bekannt.

[0009] Kabellose, passive Quarzsensoren zur Reifenmessung sind aus R. Grossmann: „Wireless Measurement of Tire Pressure with Passive Quartz Sensors“, Proceedings of the SPIE, SPIE Vol. 3670, Seiten 214 bis 222, Newport Beach, 1999 bekannt.

[0010] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine sehr kostengünstige, robuste und leicht in großen Stückzahlen zu realisierende, energieautarke Reifenmessung zu entwickeln.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Erfindungen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Die Erfindung basiert auf zwei grundlegenden Ideen. Die erste besteht in der Trennung der Erzeugung der Energie für die durch den energieautarken Hochfrequenzsender zu sendenden Information und der Erzeugung der Energie, die für den Sendevorgang selbst benötigt wird. Ausgehend von der Erkenntnis, dass im Minimalfall nur die Energie für die zu sendende Information zu erzeugen ist, kann auf eine Energieerzeugung für den Sendevorgang selbst und die dafür notwendigen Bauteile verzichtet werden.

[0013] Dieser Erkenntnis folgen zahlreiche eingehende Überlegungen, wie eine minimale Bauteilkonfiguration für einen energieautarken Hochfrequenzsender aussehen kann. Diese Überlegungen führen schließlich zu der Idee, eine durch einen Wandler erzeugte Wechselgröße direkt und ohne Zwischenspeicherung zur Modulation des Signals des Hochfrequenzsenders zu nutzen. Dadurch kann auf die im Stand der Technik notwendigen Gleichrichtungsschaltungen oder Elemente mit nichtlinearer Kennlinie verzichtet werden, die üblicherweise notwendig sind, um ein Wechselenergie zu akkumulieren. Demzufolge kann auch auf jegliche Elemente, die zu einer Energiespeicherung notwendig wären, verzichtet werden.

[0014] Wenn die Wechselgröße schließlich zur Modulation eines Reflektors verwendet wird, kann auf die Energieerzeugung für den Sendevorgang selbst verzichtet werden, indem die Energie eines Abfragesignals ausgenutzt wird.

[0015] Dementsprechend weist die Reifenmessvorrichtung einen Wandler zum Wandeln von Umgebungsenergie in eine Wechselgröße und einen Reflektor auf, der durch die Wechselgröße modulierbar

ist.

[0016] Zum Betreiben der Reifenmessvorrichtung, die ihren Zustand oder Zustandsänderungen per Funk übermittelt, wird Umgebungsenergie aus der Umgebung des Wandlers als eine vor Ort (also an dem Ort bzw. in direkter Nähe der Reifenmessvorrichtung) verfügbare Energie verwendet. Bei dieser Energie kann es sich um thermische Energie, akustische Energie, mechanische oder elektrische bzw. elektromagnetische Energie handeln. Vorausgesetzt wird, dass es sich bei der verfügbaren Energie bzw. der daraus abgeleiteten bzw. gewandelten Größe, die wie im Folgenden dargestellt zur Messung und/oder zur Funk-Datenübertragung einer Messgröße genutzt wird, um eine Wechselgröße handelt. Insbesondere ist die Wechselgröße eine Wechselspannung und/oder ein Wechselstrom.

[0017] Das erfindungsgemäße Prinzip zeichnet sich also dadurch aus, dass die aus der vor Ort verfügbaren Energie abgeleitete Wechselgröße dazu genutzt wird, einen Funkwellenreflektor in seinen Reflexionseigenschaften, insbesondere seinem Reflexionsfaktor, zu modulieren.

[0018] Der Reflektor ist vorzugsweise ein Reflektor für ein elektromagnetisches Signal, insbesondere für ein Hochfrequenzsignal. Dieser Funkwellenreflektor ist aus der Distanz von einer Basisstation mit einem Funksignal bestrahlbar. Dieses Funksignal liegt vorzugsweise im Frequenzbereich 100 kHz bis 100 GHz. Das von der Basisstation gesendete Signal wird an dem Funkwellenreflektor reflektiert. Dazu weist die Reifenmessvorrichtung vorzugsweise eine Antenne auf. Die Reifenmessvorrichtung bildet damit einen energieautarken Backscatter-Transponder.

[0019] Da der Reflektor durch die besagte Wechselgröße in seinem Reflexionsfaktor moduliert wird, wird auf das am Funkwellenreflektor reflektierte Signal eine Modulation aufgeprägt. Die Basisstation empfängt das modulierte Reflexionssignal des Sensors und wertet es aus. Durch die Modulation ist das reflektierte Signal von anderen festen Reflexionen, die z.B. an Gegenständen, die im Erfassungsbereich des Sensors stehen, hervorgerufen werden, sehr einfach zu unterscheiden.

[0020] Vorzugsweise ist die Reifenmessvorrichtung eingerichtet, um eine Messgröße in Form einer zu messenden Sensorgröße zu messen.

[0021] Die Messgröße kann im einfachsten Fall die Wechselgröße also im Funksignal die Modulation selbst sein. Dann wandelt der Wandler die Umgebungsenergie in Abhängigkeit der Messgröße in die Wechselgröße, so dass die Messgröße über die Modulation des Reflektors messbar ist.

[0022] Alternativ oder zusätzlich kann in einer etwas komplizierteren Ausführung des Prinzips die Wechselgröße aber auch durch die Messgröße oder eine weitere Messgröße in charakteristischer Weise beeinflusst werden. Dazu weist die Reifenmessvorrichtung Mittel auf, um die Wechselgröße in Abhängigkeit einer Messgröße zu beeinflussen, so dass die Mess-

größe über die Modulation des Reflektors messbar ist. Diese Mittel sind insbesondere in oder an einer Zuleitung angeordnet, die die Wechselgröße dem Reflektor zuleitet. Geeignete Mittel sind z.B. zustandsabhängige passive Filter oder Dämpfungsglieder bzw. zustandsabhängige Energiewandler die das Wechselfeld und somit die Modulation abhängig von der Messgröße charakteristisch beeinflussen bzw. vorgeben.

[0023] Die Energie zur Modulation der Rückstreuung zu einem sensorischen Zweck wird aus der Energie der Messgröße bzw. aus mit Veränderungen der Messgröße einhergehenden Energieereignissen gewonnen und dadurch ein autarker fernauslesbarer Funksensor gebildet. Das Sende- und Empfangsteil der Basisstation und die verwendeten Signale können im Prinzip identisch zu üblichen Backscattersystemen ausgeführt sein.

[0024] Besonders einfach und robust lässt sich die Reifenmessvorrichtung als vollständig keramisches Element realisieren. Dazu weist die Reifenmessvorrichtung eine piezoelektrische keramische Schicht als Energiewandler, eine daran angeordnete keramische Schicht mit steuerbarem Dielektrikum und eine über eine Antennenträgerschicht an der Schicht mit steuerbarem Dielektrikum angeordnete keramische Antenne auf.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Verfahren ergibt sich analog zur Reifenmessvorrichtung. Dies gilt auch für seine bevorzugten Weiterbildungen.

[0026] Weitere wesentliche Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren. Dabei zeigt:

[0027] **Fig. 1** den Grundaufbau eines energieautark modulierten Backscatter-Transponders und energieautark fernabfragbaren Funksensors,

[0028] **Fig. 2** eine mögliche Ausführung eines energieautark modulierten Backscatter-Transponders in Form eines energieautark fernabfragbaren Körperschallsensors,

[0029] **Fig. 3** eine mögliche Ausführung eines energieautark modulierten Backscatter-Transponders als Temperatursensor,

[0030] **Fig. 4** eine Ausführungsform mit zwei Pfaden,

[0031] **Fig. 5** einen Reifen und eine Reifenmessvorrichtung,

[0032] **Fig. 6** eine Felge und eine Reifenmessvorrichtung,

[0033] **Fig. 7** eine vollständig keramische Reifenmessvorrichtung,

[0034] **Fig. 8** eine Reifenmessvorrichtung mit piezoelektrischer Faser als Wandler,

[0035] **Fig. 9** eine Reifenmessvorrichtung mit piezoelektrischer Faser als Wandler, die an oder in einer Reifendecke montiert ist und

[0036] **Fig. 10** eine vollständig keramische Reifenmessvorrichtung mit Piezofasern.

[0037] **Fig. 1** zeigt den Grundaufbau des ener-

ergieautark modulierten Backscatter-Transponders und energieautark fernabfragbaren Funksensors. Der energieautark modulierte Backscatter-Transponder EAMBT umfasst zumindest folgende Komponenten. Mit dem Energiewandler EW wird eine verfügbare Umgebungsenergie in Form einer Energiewechselgröße in eine elektrische Wechselgröße bzw. ein Wechselsignal WSig gewandelt.

[0038] Optional wird dieses Wechselsignal noch mit einer Anpassschaltung derart angepasst, dass es als resultierendes Modulationssignal MSig besonders gut zur Modulation des modulierbaren Reflektors MR geeignet ist. Die ursprüngliche Wechselgröße in Form eines Wechselsignals wird in diesem Fall also in eine abgeleitete Wechselgröße in Form eines Modulationssignals gewandelt.

[0039] Insbesondere kann es günstig sein, wenn diese Anpassschaltung einen Transformator umfasst. Der modulierbare Reflektor kann z.B. eine Antenne sein, deren Anpassung an ihrem Ein- bzw. Ausgang mit dem Modulationssignal MSig variiert wird. Abhängig von ihrer Anpassung reflektiert die Antenne ein Funksignal, das sie empfängt, mehr oder weniger stark (Amplitudenmodulation) oder reflektiert es mit einem mehr oder weniger großen Phasenversatz (Phasenmodulation) oder reflektiert abhängig vom Modulationssignal MSig bei unterschiedlichen Frequenzen unterschiedlich stark (Frequenzmodulation). Dieser Effekt der modulierten Reflexion wird in der weitergehenden Ausführung dazu genutzt, den Backscatter-Transponder EAMBT per Funk aus der Ferne mit einer Basisstation BS abzufragen.

[0040] Die Basisstation beinhaltet hierzu zumindest eine Signalquelle S, mit der das Abfragesignal ASig erzeugt und über eine Sendeantenne als Funksignal ASig' in Richtung des Backscatter-Transponders EAMBT abgestrahlt wird. Am Backscatter-Transponder EAMBT wird dieses Signal moduliert reflektiert. Das so reflektierte Funksignal RSig wird über eine Empfangsantenne empfangen und mit einem Signalvergleichsvorgang SV mit dem gesendeten Abfragesignal ASig verglichen. Abgesehen von einer kleinen Laufzeitverzögerung aufgrund der Strecke von der Basisstation zum Backscatter-Transponder EAMBT und zurück und ggf. aufgeprägten Störsignalen unterscheiden sich Abfragesignal ASig und reflektiertes Funksignal RSig lediglich durch die Modulation, die dem reflektierten Funksignal RSig durch den Backscatter-Transponder EAMBT aufgeprägt wurde. Durch den Vergleich von Abfragesignal ASig und reflektiertem Funksignal RSig kann somit direkt ein Abbild MSig' von dem Modulationssignal MSig in der Basisstation gebildet werden und somit die zur Messgröße gehörende Energiewechselgröße energieautark aus der Ferne per Funk gemessen werden.

[0041] Ausgestaltet und angewendet werden können der erfindungsgemäße energieautark modulierte Backscatter-Transponder und energieautark fernabfragbare Funksensor in vielfältiger Form.

[0042] Fig. 2 zeigt eine einfache Ausführung als en-

ergieautarker, fernabfragbarer Körperschallsensor. Bei dem Energiewandler handelt es sich hier um einen Schallwandler, vorzugsweise einen piezoelektrischen Schall- oder Ultraschallwandler. Empfängt dieser ein akustisches Signal AkSig, so wandelt er es in ein elektrisches Signal. Dieses elektrische Modulationssignal MSig = AkSig', das im Folgenden zur Modulation des modulierbaren Reflektors verwendet wird, ist im Prinzip ein Abbild des akustischen Signals. Der modulierbare Reflektor umfasst vorzugsweise einen Feldeffekttransistor mit dem die Anpassung seiner Antenne, wie oben schon angedeutet, variiert wird. Vorzugsweise werden hierzu jene Typen von Feldeffekttransistoren verwendet, die sich auch um den Arbeitspunkt 0V, d.h. ohne zusätzliche Vorspannung, modulieren lassen.

[0043] Als für die vorliegende Schaltung geeignete Feldeffekttransistor-Typen wären z.B. die Typen SST310 von Vishay oder etwa MGF4953A von Mitsubishi zu nennen.

[0044] Neben Feldeffekttransistoren sind natürlich auch alle anderen Bauelemente geeignet, die ihren bzw. einen Leitwert bzw. die Reflexions- bzw. Übertragungsfunktion abhängig von einer angelegten Spannung ändern. Geeignet wären z.B. Transistoren, Dioden, Varaktoren, steuerbare Dielektrika, mikromechanische Schalter oder Phasenschieber (MEMs) usw.

[0045] Die Basisstation BS enthält einen Festfrequenzoszillator OSZ, der das Abfragesignal ASig erzeugt. Das Abfragesignal wird über die in dieser Ausführung kombinierte Sende-Empfangsantenne SEA abgestrahlt. Die Sende-Empfangsantenne SEA dient ebenso zum Empfang des moduliert reflektierten Signals RSig. Der Richtkoppler RK dient zur Trennung von Sende- und Empfangssignal. Der schon für Fig. 1 beschriebene Signalvergleich erfolgt hier durch einen Mischer, d.h. das Sendesignal ASig wird mit dem reflektierten Signal RSig gemischt und vorzugsweise anschließend mit einem Filter FLT gefiltert. Das Filter FLT wird vorzugsweise als Bandpass oder Tiefpass ausgeführt. Die Grenzfrequenzen von FLT sind vorzugsweise so zu wählen, dass sie den Grenzen des interessierenden Frequenzbereichs des akustischen Signals AkSig bzw. denen vom Modulationssignal MSig entsprechen. Durch die dargestellte Mischeranordnung wird die Modulation, d.h. im Prinzip das Modulationssignal MSig vom Träger, d.h. im Prinzip ASig getrennt. Am Ausgang des Filters FLT kann man daher ein Abbild AkSig' von AkSig' bzw. AkSig abgreifen und darstellen bzw. weiterverarbeiten.

[0046] Bei der hier dargestellten Ausführung der Basisstation handelt es sich in den Grundzügen um ein übliches Dauerstrich- oder Doppler-Radar. Alle bekannten Ausführungen solcher Systeme können somit direkt auf die erfindungsgemäße Lösung übertragen werden. Auch die Möglichkeit, den Reflexionsfaktor bzw. die Anpassung einer Antenne über einen Feldeffekttransistor zu modulieren, sind in vielfältiger

Form Stand der Technik. Bekannte Schaltungen sind daher leicht auf die erfindungsgemäße Lösung zu übertragen. Konkretere Ausführungen, werden daher von diesen Komponenten hier nicht mehr vorgestellt, da sie dem Experten ohnehin bekannt sind bzw. in der einschlägigen Literatur nachzulesen sind.

[0047] Besonders hingewiesen sei an dieser Stellen, dass es bei einer komplizierteren Ausführung der Basisstation auch möglich ist, die Entfernung zu einem Backscatter-Transponder mit modulierter Reflexion zu bestimmen. Ausführungsformen, die auf einen energieautark modulierten Backscatter-Transponder EAMBT übertragbar sind, finden sich in M. Vössiek, R. Roskosch, und P. Heide: "Precise 3-D Object Position Tracking using FMCW Radar", 29th European Microwave Conference, München, Deutschland, 1999, und in den Dokumenten DE 19957536 A1, DE 19957557 A1 und insbesondere in DE 19946161 A1.

[0048] Alternativ zu dem dargestellten Schallsensor, können natürlich auch andere Wandlerprinzipien in der ansonsten gleichen Anordnung eingesetzt werden, um andere Größen zu messen. Geeignet wären z.B. pyroelektrische Wandler, photoelektrische Wandler, piezoelektrische Druck- oder Biegewandler oder auch gängige Generatorprinzipien mit Magnet und Spule.

[0049] Als Abfragesignal der Basisstation werden vorzugsweise die Frequenzen verwendet, wie sie auch sonst bei Transpondersystemen günstig und üblich sind, also z.B. 125 kHz, 250 kHz, 13.7 MHz, 433 MHz, 869 MHz, 2.45 GHz oder 5.8 GHz. Günstig ist es, dass die Frequenz des Abfragesignals deutlich größer – z.B. um den Faktor 10 – als die Frequenz der Wechselgröße W<sub>Sig</sub> gewählt wird, da dann in der Basisstation der Träger, also das Abfragesignal, mit einfachen Mitteln von der Modulation, also W<sub>Sig</sub>, getrennt werden kann.

[0050] Basierend auf den bisherigen Ausführungen können aber auch noch sehr viel weitergehende Sensor- und Identifikationssysteme realisiert werden. Die Grundidee hierbei besteht darin, dass das durch den Wandler erzeugte Wechselsignal nun nicht mehr direkt selbst die ausschließliche Sensorinformation beinhaltet, sondern dass dieses Signal durch einen weiteren Effekt bzw. eine weitere Messgröße in seiner Beschaffenheit charakteristisch verändert wird und aus der Größe der Veränderung in der Basisstation die Messgröße abgeleitet werden kann. Die charakteristische Veränderung könnte natürlich auch im Sinne einer Kodierung bewusst und definiert veranlasst sein mit dem Ziel, Objekte identifizieren zu können.

[0051] Die Grundidee der weiterführenden Ausgestaltung wird anhand der einfachen Ausführung in Fig. 3 dargestellt. Im Prinzip handelt es sich um dieselbe Ausgestaltung wie in Fig. 2. Der Unterschied besteht darin, dass die elektrische Wechselgröße A<sub>kSig</sub> nun nicht direkt zur Modulation des modulierbaren Reflektors MR verwendet wird, sondern zuvor

z.B. durch ein temperaturabhängiges Bandpassfilter TBPf charakteristisch abhängig von der Temperatur gefiltert wird. So lässt sich beispielsweise die Temperatur eines Reifens messen. Die Verstimmung des Filters kann leicht durch temperaturabhängige Widerstände oder Ähnliches realisiert werden.

[0052] Angenommen die Frequenzen des akustischen Signals sind über einen längeren Beobachtungszeitraum über dem Verstimmungsbereich von TBPf nahezu gleich verteilt bzw. die Verteilung ist in etwa bekannt, so ist die spektrale Leistungsdichteverteilung bzw. daraus abgeleitete Größen wie z.B. der Schwerpunkt oder das Maximum des Spektrums von A<sub>kSig</sub> ein direktes Maß für die Temperatur. Beispielsweise durch eine Fouriertransformation von A<sub>kSig</sub> in einer Auswerteeinheit AE könnten diese Werte leicht abgeleitet werden.

[0053] Neben einer Filterung sind natürlich auch noch andere durch Messgrößen bedingte Beeinflussungen der Wechselgröße W<sub>Sig</sub> zur Kodierung der Messgröße denkbar. Geeignet wären z.B. Laufzeitglieder, Phasenschieber, Dämpfungsglieder. Bei Verwendung von Filtern sind Resonatorfilter mit Bandpass- oder Bandsperrecharakteristik besonders geeignet, da zum einen ihr Einfluss auf die Signaleigenschaften mit einfachen Mitteln auszuwerten ist und sie zum anderen einfach realisiert werden können. Ebenso denkbar wäre es, dass der Wandler selbst durch eine physikalische oder chemische Größe in seinen Wandlungseigenschaften charakteristisch verändert wird, also dass z.B. die Frequenz eines Schallwandlers temperaturabhängig oder abhängig von mechanischen Randbedingungen wie Druck oder Spannung ist.

[0054] Auch können auf diese Weise nicht nur Temperatursensoren, sondern in ähnlicher Weise auch Drucksensoren, Feuchtigkeitssensoren oder chemische, energieautark fernabfragbare Sensoren realisiert werden. Im Prinzip ist jedes passive Sensorelement geeignet, mit dem man das Modulationssignal M<sub>Sig</sub> in charakteristischer Weise verändern kann. Natürlich muss man das Modulationssignal M<sub>Sig</sub> auch nicht ausschließlich als Träger für die Sensorinformation dienen, sondern es kann zusätzlich, wie schon oben dargestellt wurde, selbst auch Sensorinformationen tragen.

[0055] Bei der Darstellung der Ausführung in Fig. 3 wurde davon ausgegangen, dass die Beschaffenheit wie z.B. die spektrale Verteilung der Wechselgröße W<sub>Sig</sub> bekannt ist. Hiervon kann allerdings nicht immer ausgegangen werden. Folglich ist es nicht immer möglich, mit einer so einfachen Ausführung wie in Fig. 3 exakte Messdaten zu bestimmen bzw. zu übertragen. Fig. 4 zeigt eine Ausführung, die dieses Problem löst.

[0056] Angedeutet ist hier, dass die Wechselgröße W<sub>Sig</sub> z.B. durch ein Piezoelement PE aus einer mechanischen Wechselgröße abgeleitet wird. Wesentlich bei der Ausführung ist, dass das Wechselsignal W<sub>Sig</sub> in zumindest zwei Pfade aufgespaltet und auf

diesen Pfaden unterschiedlich weiterverarbeitet wird. Zur Realisierung eines Temperatursensors kann der Backscatter-Transponder EAMBT z.B. in jedem Pfad ein temperaturabhängiges Filternetzwerk TFNW1 bzw. TFNW2 aufweisen. Diese Filternetzwerke können z.B., so wie zuvor schon beschrieben wurde, als frequenzbestimmendes Filter, Laufzeitglied, Phasenschieber oder Dämpfungsglied ausgeführt sein.

[0057] Entscheidend ist, dass die Beeinflussung, die TFNW1 und TFNW2 auf die Wechselgröße WSig angewendet hervorrufen, in charakteristischer Weise unterschiedlich von der Messgröße – also hier der Temperatur Temp – abhängig sind. Die resultierenden unterschiedlich beeinflussten Modulationssignale MSig1 und MSig2 werden dann nach dem zuvor beschriebenen Abfrageprinzip auf getrennten Kanälen, z.B. über getrennte Frequenzbänder zu getrennten Basisstationen BS1 und BS2, übertragen und werden dort, wie zuvor dargestellt wurde, als Signale MSig1' und MSig2' rekonstruiert. Die Signal-Vergleich-und-Auswerteeinheit SVAE, kann dann basierend auf den bekannten Eigenschaften von den Filternetzwerken TFNW1 und TFNW2 den Temperaturmesswert Temp und/oder ein Abbild der Wechselgröße WSig ableiten.

[0058] Vorzugsweise umfasst die Signal-Vergleich-und-Auswerteeinheit SVAE hierzu einen Prozessor. Die Grundidee der Ausführung besteht also darin, die Messgröße nicht mehr direkt aus absoluten Merkmalsgrößen eines Signals, sondern aus einem relativen Vergleich zwischen zumindest zwei Signalen MSig1' und MSig2' abzuleiten. Hierdurch kann sehr viel besser verhindert werden, dass die möglicherweise wechselnden und unbekannten Eigenschaften der Wechselgröße WSig die Auswertung und die Ableitung der Messgröße stören.

[0059] Werden die Filternetzwerke TFNW1 und TFNW2 z.B. als temperaturabhängige Laufzeitglieder ausgelegt, wobei sich die Laufzeitdifferenz zwischen den beiden Signalwegen mit der Temperatur charakteristisch ändern soll, so kann z.B. der Laufzeitunterschied der Signale MSig1' und MSig2', der dann ein Maß für die Temperatur darstellt, leicht mit Hilfe einer Kreuzkorrelation zwischen MSig1' und MSig2' bestimmt werden. Die Lage des Maximums der Kreuzkorrelation wäre hier z.B. ein Maß für die Temperatur. Bei Verwendung von temperaturabhängigen Phasenschieber-Elementen in TFNW1 und TFNW2 könnte auch ein einfacher analoger oder digitaler Phasenkomparator eine vergleichbare Funktion übernehmen.

[0060] Die dargestellte Ausführung stellt nur eine mögliche Variante dar. Wie schon oben dargestellt wurde, können auf dieselbe Art natürlich auch andere Messgrößen wie etwa Reifendruck, Spannungs-, Dehnungs- und Reibwert, Kraftschluss, Straßenbelagtextur, Rollwiderstand, Aquaplaning, Reifenverschleiß etc. direkt oder indirekt bestimmt werden. Verfahren hierzu sind beispielsweise in J. Stöcker et al.: „Erkennung inhomogener Kraftschlußverhältnis-

se zwischen Reifen und Fahrbahn am Beispiel Aquaplaning“, VDI Berichte Nr. 1088, Seiten 345 bis 369, 1993 genannt. Auch wäre es denkbar, die Aufteilung in zumindest zwei Pfade nicht erst in der Ebene der messwertabhängigen Filternetzwerke durchzuführen, sondern gleich zumindest zwei getrennte Energiewandler zu verwenden.

[0061] Fig. 5 zeigt eine Ausführung einer Reifemessvorrichtung in Form eines Reifensensors mit Backscatter-Transponder EAMBT. Der Körperschallwandler des Backscatter-Transponders EAMBT wird hierzu an die Reifendecke gekoppelt bzw. in den Reifen hinein vulkanisiert.

[0062] Ebenso wäre es denkbar, den Schallwandler an der Felge anzubringen, wie das in Fig. 6 dargestellt ist.

[0063] Fig. 7 zeigt eine besonders vorteilhafte Ausführung und Aufbautechnik eines Backscatter-Transponders EAMBT der in besonderer Weise für die rauen Anforderungen, die an einen Reifensensor zu stellen sind, geeignet ist. Der Backscatter-Transponder EAMBT ist hier komplett als keramisches Element realisiert dargestellt, also ohne irgendein Halbleiterelement. Dieses keramische Element unterteilt sich in verschiedene Funktionsschichten. Eine erste keramische, piezoelektrische Schicht PIEZL dient als Energiewandler, mit dem ein akustisches Signal bzw. eine mechanische Kraft in eine Wechselspannung gewandelt wird. Diese Schicht wird direkt oder optional ggf. auch durch Zwischenschichten getrennt an eine Schicht DIELL gekoppelt welche ein steuerbares Dielektrikum umfasst, das paraelektrische Eigenschaften aufweist. Die Funktionalität dieser Schicht DIELL beruht auf der Steuerung ihrer Dielektrizitätszahl durch ein äußeres elektrostatisches Feld, erzeugt durch eine Steuerspannung. Die Steuerspannung wird, wie schon dargestellt wurde, in der piezokeramischen Schicht PIEZL generiert. Die keramische Funktionsschicht DIELL bietet den Vorteil einer kontinuierlichen, schnellen, quasileistungslosen Steuerung bis in den hohen GHz-Bereich und sie arbeitet als passives Bauelement, d.h. es werden keinerlei Halbleiter-Bauelemente benötigt. Die steuerbare dielektrische Schicht DIELL wird in derselben Weise, wie dies sonst mit einem Feldeffekttransistor bei Backscatter-Transpondern üblich ist, zur Modulation der Reflexions-Phase, -Frequenz oder -Amplitude verwendet. Die steuerbare dielektrische Schicht könnte z.B. ein ferro- bzw. paraelektrisches Materialsystem wie Barium/Strontiumtitanat (BST) oder BZT umfassen wie es z.B. in M. Voigts, W. Menesklou, E. Ivers-Tiffée: „Dielectric Properties and Tunability of BST and BZT Thick Films for Microwave Applications“, 13th International Symposium on Integrated Ferroelectrics, Colorado Springs, März 11-14, 2001 dargestellt wird. Sehr geeignet als steuerbare Dielektrika sind auch Flüssigkristalle.

[0064] Ein besonders kompaktes Backscatter-Transponder-Modul ergibt sich, wenn die Antenne ANT ebenfalls als keramische Struktur ausgeführt



wird und sie eine weitere Schicht des gesamten Keramikmoduls darstellt.

[0065] Zwischen Antenne ANT und steuerbarer dielektrischer Schicht DIELL ist ein Antennen-Träger ANTSP angeordnet.

[0066] Das ganze Modul kann auf der Basis von Niedrig-Temperatur gesinterten Keramiken (LTCC low temperature cofired ceramic) aufgebaut sein. Es wäre hier denkbar, in weitere Schichten passive Schaltungen einzubetten, die eine erweiterte Sensorfunktionalität wahrnehmen, wie sie zu den Fig. 3 und 4 dargestellt wurde. Auf die Rückseite der Keramik können ferner diskrete Bauelemente angeordnet werden, die sich nicht in die Keramik integrieren lassen.

[0067] Vorteilhaft an dem Prinzip und der Ausführung ist, dass die Reifenmessvorrichtung durch seinen einfachen Aufbau und den Verzicht auf eine Batterie extrem leicht ausgeführt werden kann und daher einfach auch an schnell drehenden Teilen zu befestigen und zu betreiben ist und ggf. sogar in den Reifen einvulkanisiert werden kann.

[0068] Als Abfragesignal der Basisstation werden vorzugsweise die Frequenzen verwendet, wie sie auch sonst bei Transpondersystemen günstig und üblich sind, also z.B. 125 kHz, 250 kHz, 13.7 MHz, 433 MHz, 869 MHz, 2.45 GHz oder 5.8 GHz. Günstig ist es, dass die Frequenz des Abfragesignals deutlich größer – z.B. um den Faktor 10 – als die Frequenz des modulierenden Signals gewählt wird, da dann in der Basisstation der Träger, also das Abfragesignal, mit einfachen Mitteln von der Modulation getrennt werden kann.

[0069] Eine Weiterentwicklung des oben dargestellten Prinzips besteht darin, dass als akustischer bzw. mechanischer Energiewandler piezoelektrische Verbundwerkstoffe z.B. basierend auf Piezofasern verwendet werden.

[0070] In Faserverbundwerkstoffe integrierte piezoelektrische Fasern bieten aufgrund ihrer Flexibilität eine optimale mechanische Strukturkonformität zwischen dem Grundwerkstoff und der aktiven Piezokomponente, die mit üblichen Piezofolien oder Keramiken nicht zu erreichen wäre. Diese Strukturen sind daher in besonderer Weise dazu geeignet an einer Reifendecke oder sogar einvulkanisiert in eine Reifendecke oder in einem Reifen verwendet zu werden.

[0071] Grundlegende Beschreibungen zu derartigen Faser-Verbundelementen finden sich in B.Z. Janos, N.W. Hagood: „Overview of active fiber composites technologies“, Proceedings of the 6th International Conference on new Actuators, ACTUATOR98, June 98, Bremen, Germany oder in K. Pannkoke, T. Gesang, M. Clüver, D. Sporn und A. Schörnecker: „Strukturkonform integrierbare Funktionsmodule auf der Basis von PZT-Fasern“, ADAPTRONIC CONGRESS 1999, 3.-4. März in Potsdam, S. 138-143.

[0072] Neben diesen mechanisch für die erfindungsgemäße Anwendung optimalen Eigenschaften, bieten Piezofasern aber auch noch hervorragende

Möglichkeiten zum Zwecke einer Reifensensorik. Werden die Fasern so in oder an der Reifendecke befestigt, dass die mechanische Spannung an den Reifen-Profilelementen zu einer Dehnung, Stauchung oder Verbiegung der Piezofasern führen, so bildet sich das mechanische Belastungsprofil zwischen den Profilelementen und der Fahrbahn in einer äquivalenten elektrischen Wechsellspannung ab.

[0073] Wie anhand der Fig. 1 bis 4 beschrieben, kann dieses Wechselsignal nach dem EAMBT Prinzip per Funk zu einer Basisstation übertragen werden.

[0074] Eine Ausführung eines Backscatter-Transponders EAMBT mit Piezo-Faser PZF zeigt Fig. B. Eine schematisierte Ausführung des gesamten Reifensensor-Systems illustriert Fig. 9.

[0075] In der Basisstation kann das generierte und per Funk übertragene Wechselsignal dann analysiert werden und somit auf die der Energieerzeugung zugrunde liegenden mechanischen Größen wie Kraftschluss, Reibwert, Verschleiß etc. geschlossen werden.

[0076] Durch eine geeignete Verlegung und Ausführung der Fasern kann weiterhin dafür Sorge getragen werden, dass Kräfte ME maßgeblich nur für bestimmte Raumrichtungen der Kraftwirkung zu einer elektrischen Spannung führen. Auf diese Weise können die mechanischen Kenndaten für alle Raumrichtungen getrennt bestimmt werden bzw. kann ein mehrdimensionaler Kraft/Spannungsvektor detektiert werden.

[0077] Der Backscatter-Transponders EAMBT bzw. zentrale Teile davon können auch bei Verwendung von piezoelektrischen Verbundwerkstoffen als Keramik-Modul ausgeführt werden. Der einzige Unterschied zu den obigen Ausführungen besteht darin, dass die piezokeramische Schicht entfällt und dafür die Piezofasern angekoppelt werden müssen. Diese Ankopplung kann z.B. dadurch erfolgen, dass die Fasern PZF über und/oder durch Kanäle in einer keramischen Schicht angekoppelt werden. Vorteilhaft wäre es z.B., dass die Fasern PZF gleich beim Sinterprozess der Keramik in diese mit eingebettet werden. Ebenso wäre es allerdings auch denkbar die Fasern auf und/oder an metallischen Strukturen auf der Oberfläche der Keramik CERAM zu befestigen, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist.

[0078] Weiterhin kann das Antennenelement des Sensors von diesem entfernt und nur über eine elektrische Leitung verbunden, angeordnet werden. Die im Reifenlatsch durch Fahrbahnkontakt verursachten Sensorsignale werden dann sofort zur Antenne geleitet, die dann vorteilhaft der Basisstationsantenne gegenüber steht. Über transformatorische Einkopplung kann auch der Stahlgurt des Reifens als Sensorantenne genutzt werden.

## Patentansprüche

1. Reifenmessvorrichtung mit  
– einem Wandler zum Wandeln von Umgebungsen-

ergie in eine Wechselgröße,  
– einem Reflektor, der über die Wechselgröße modulierbar ist.

2. Reifenmessvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor ein Reflektor für ein elektromagnetisches Signal ist, insbesondere für ein Hochfrequenzsignal.

3. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reifenmessvorrichtung eine Antenne aufweist.

4. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reifenmessvorrichtung ein Backscatter-Transponder ist.

5. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reifenmessvorrichtung eingerichtet ist, um eine Messgröße zu messen.

6. Reifenmessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandler die Umgebungsenergie in Abhängigkeit einer Messgröße in die Wechselgröße wandelt.

7. Reifenmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Reifenmessvorrichtung Mittel aufweist, um die Wechselgröße in Abhängigkeit einer Messgröße zu beeinflussen.

8. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel zum Erzeugen einer ersten Wechselgröße und einer zweiten Wechselgröße.

9. Reifenmessvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Wechselgröße abgeleitete Wechselgrößen sind, zum Erzeugen der ersten und der zweiten Wechselgröße eine ursprüngliche Wechselgröße aufspaltbar ist und nach der Aufspaltung die erste und die zweite Wechselgröße unterschiedlich durch eine Messgröße beeinflussbar sind.

10. Reifenmessvorrichtung nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch einen zweiten Wandler zum Erzeugen der zweiten Wechselgröße.

11. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch  
– eine piezoelektrische Schicht als Energiewandler,  
– eine Schicht mit steuerbarem Dielektrikum.

12. Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass der Wandler eine piezoelektrische Faser enthält oder durch eine oder mehrere piezoelektrische Fasern gebildet ist.

13. Reifen mit einer Reifenmessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

14. Reifen nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Reifenmessvorrichtung an die Reifendecke gekoppelt und/oder in den Reifen hineinvulkanisiert ist.

15. Felge mit einer Reifenmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

16. Fahrzeug mit einer Reifenmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

17. Verfahren zur Reifenmessung, bei dem  
– mit einem Wandler Umgebungsenergie in eine Wechselgröße gewandelt wird,  
– über die Wechselgröße ein Reflektor moduliert wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



Fig. 1

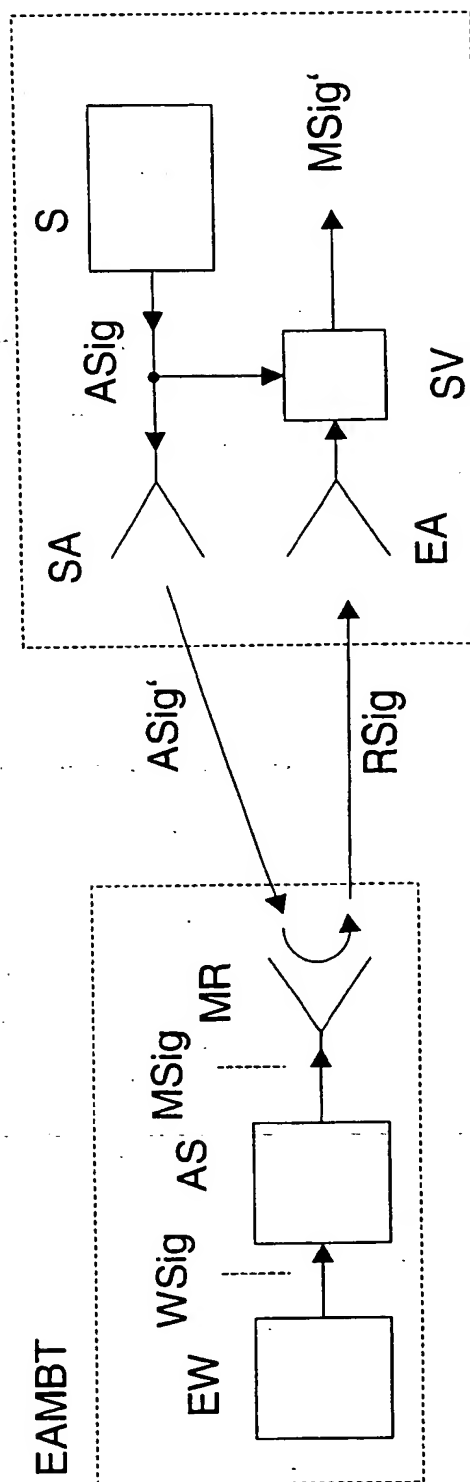


Fig. 2

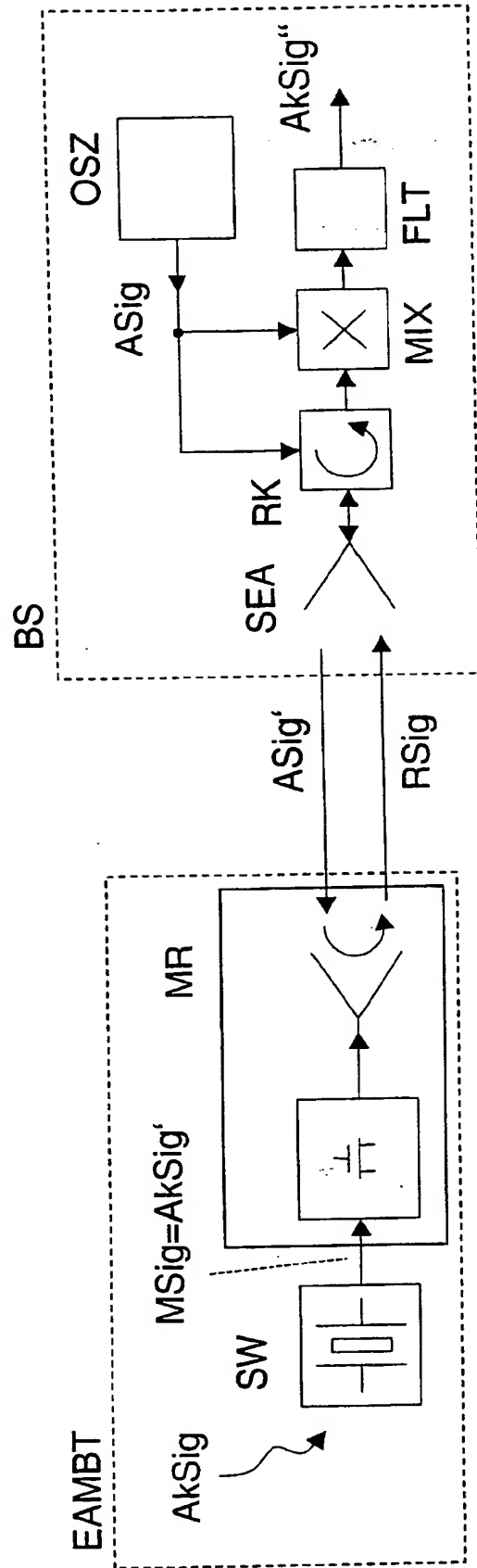
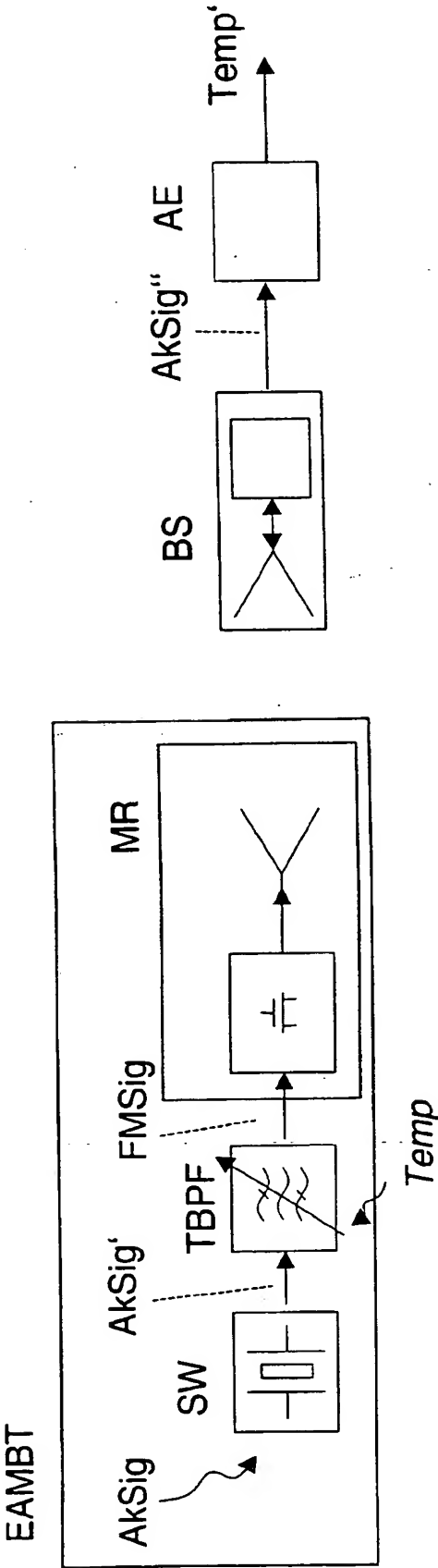


Fig. 3



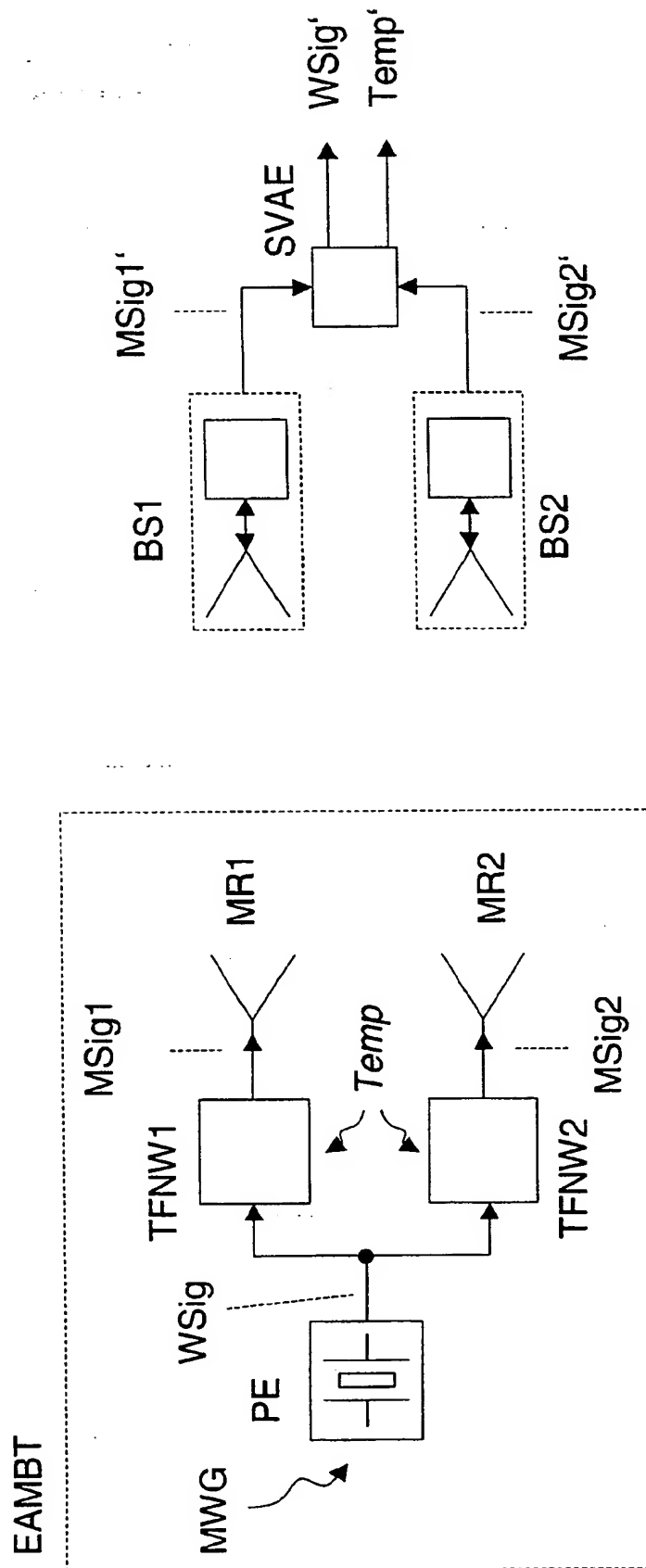


Fig. 4

Fig. 5

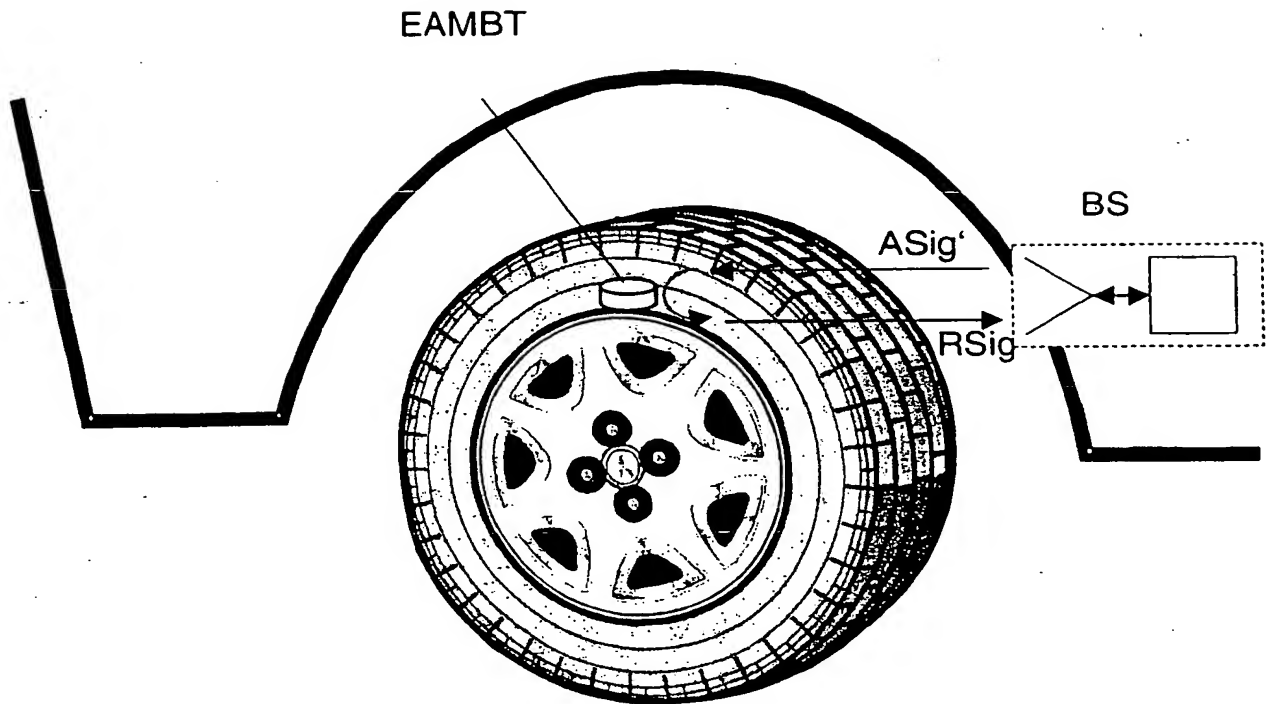


Fig. 6

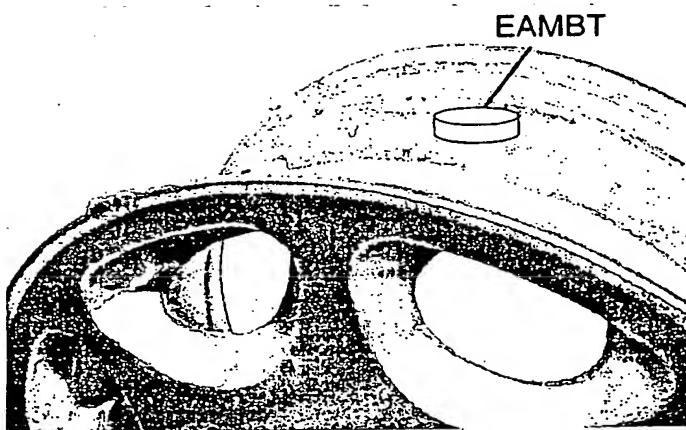


Fig. 7

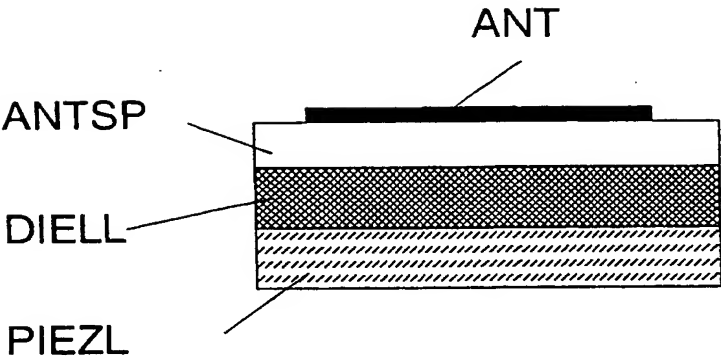


Fig. 8

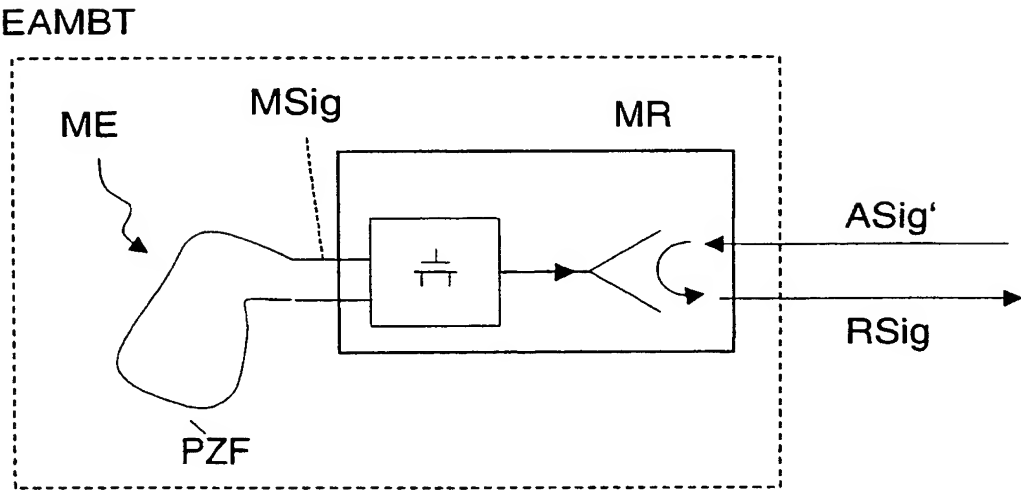




Fig. 9

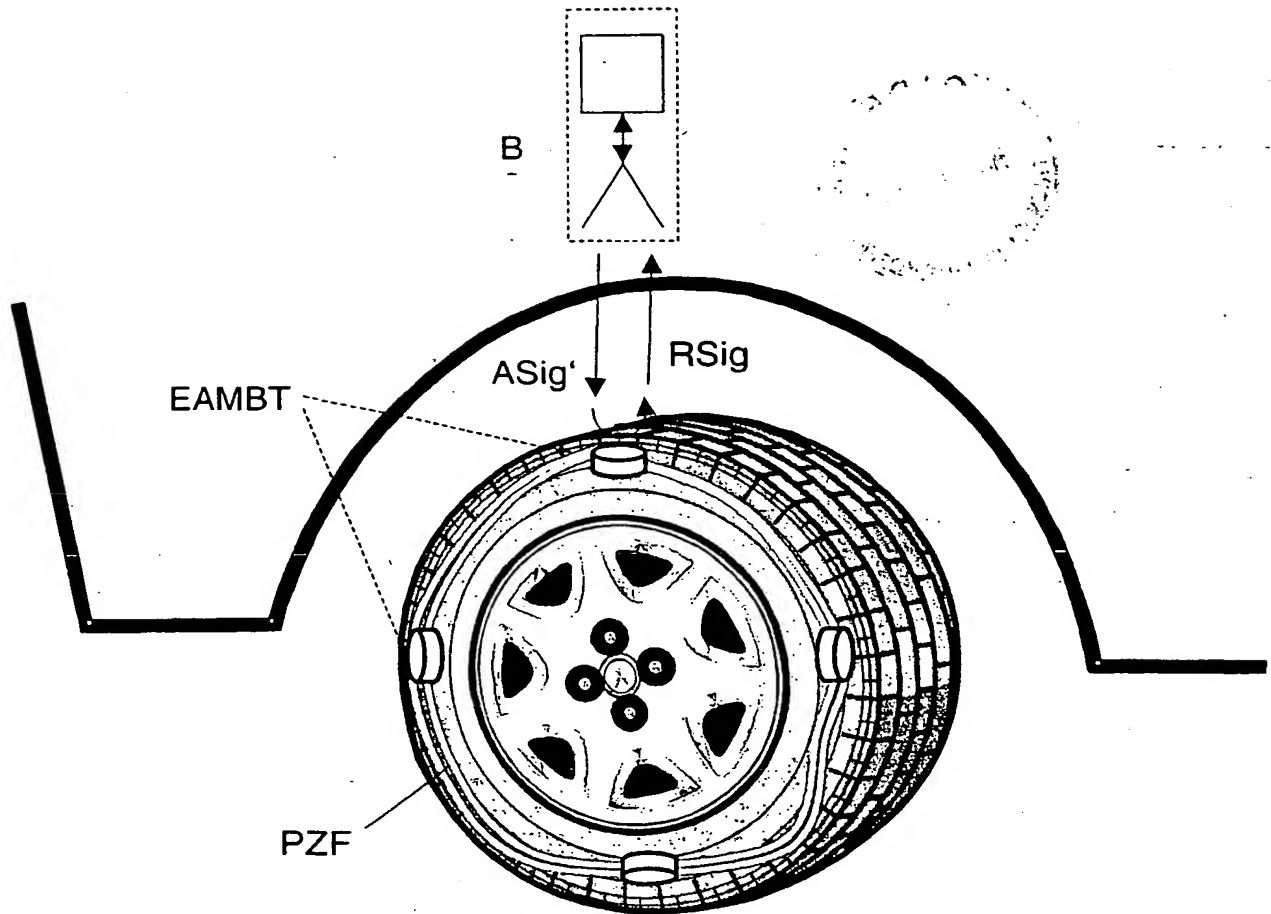
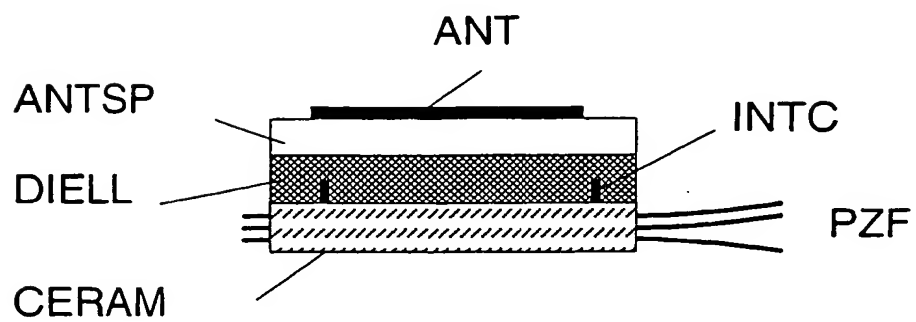


Fig. 10





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**